

Исследуемые образцы были получены методом высокочастотного ионно-плазменного распыления мишени сплава и имеют различную толщину, определяемую по скорости напыления – 10, 20, 100 и 200 нм. В процессе напыления к образцам прикладывалось технологическое поле напряженностью 100 Э. Более точное значение толщин было получено с помощью стилусного профилометра Dektak 150.

Исследование проводилось на магнитооптическом микроскопе на основе эффекта Керра, магнитные свойства аморфных пленок исследовались в плоскости пленки в постоянном магнитном поле напряженностью ± 100 Э.

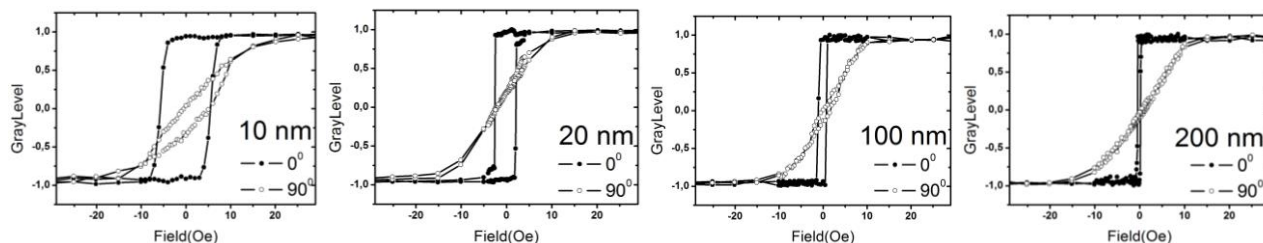


рис.1. Магнитооптические петли гистерезиса пленок толщиной 10, 20, 100 и 200 нм вдоль ОЛН (0°) и перпендикулярно ОЛН (90°).

На рис.1 представлены магнитооптические петли гистерезиса, измеренные вдоль и перпендикулярно направлению технологического поля для пленок 10, 20, 100 и 200 нм. Из формы петель можно сделать вывод о наличии у образцов одноосной магнитной анизотропии, величина которой, в зависимости от толщины, имеет различные значения, для тонкой пленки толщиной 10 нм поле анизотропии составляет 25 Э, а для более толстых – 20, 100 и 200 нм, значение составило около 12 Э. Ось легкого совпадает направлением вектора технологического поля. Из наблюдения доменной структуры и анализа формы магнитооптических петель гистерезиса можно сделать вывод, что вдоль ОЛН процесс перемагничивания для всех образцов происходит путем смещения доменных стенок. При перемагничивании перпендикулярно ОЛН для пленок 100 и 200 нм ведущую роль играет процесс вращения вектора намагниченности, в то время как для пленки 10 нм, наряду с вращением, происходит также смещение доменных стенок. Для пленок заданного сплава было показано, что коэрцитивная сила, с увеличением толщины пленок падает, что возможно связано с ролью поверхности.

Список публикаций:

- [1] Hernando B. et al // ENN. 2004. № 4. С. 949-966.
- [2] Modak S.S. et al // Thin Solid Films. 2012. Т. 520 № 9. С. 3499-3504.
- [3] Kumar D. et al // Mat. Res. Express. 2014. Т. 1

Магнитный резонанс в слоистой структуре феррита и градиентного пьезоэлектрика

Саплев Алексей Фёдорович

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Петров Владимир Михайлович, д.т.н.

Nightroud1991@yandex.ru

Магнитоэлектрическое (МЭ) взаимодействие в феррит-пьезоэлектрических слоистых структурах способствует разработке нового класса СВЧ устройств [1]. Постоянное электрическое поле, приложенное к пьезоэлектрической компоненте, приводит к сдвигу линий ферромагнитного резонанса (ФМР). Таким образом, перестройка устройств, основанных на использовании ФМР, может осуществляться как с помощью электрического, так и магнитного полей. К настоящему времени известен ряд устройств с электрическим и магнитным управлением, в том числе резонаторы, фильтры и фазовращатели [1]. Наряду со сдвигами линий ФМР внешнее электрическое поле при определенных условиях может приводить к изменению формы линий. Целью данной работы является теоретическое моделирование МЭ эффекта в области ФМР в слоистой структуре, состоящей из ферритовой компоненты и пьезоэлектрического слоя с градиентом пьезоэлектрических свойств.

МЭ эффект, как известно, состоит в индуцировании поляризации во внешнем магнитном поле и, наоборот, в индуцировании намагниченности во внешнем электрическом поле. В слоистых магнитоэлектрических структурах этот эффект обусловлен механическими деформациями. Приложение постоянного электрического поля перпендикулярно плоскости пьезоэлектрического слоя, приводит к появлению механических напряжений, которые в свою очередь приводят к появлению наведенной

магнитной анизотропии в ферритовом слое и, как следствие, к сдвигу резонансного магнитного поля [2]. Асимметрия двухслойной феррит-пьезоэлектрической структуры способствует появлению изгибных деформаций структуры, поэтому механические напряжения и наведенная магнитная анизотропия неоднородны по толщине. В результате линия ФМР оказывается неоднородно уширенной. Использование пьезоэлектрического слоя с градиентом пьезоэлектрических свойств в качестве примера в данной работе рассмотрена феррит-пьезоэлектрическая структура, состоящая из ферритового слоя и составного пьезоэлектрического слоя, который образован двумя пьезоэлектриками с разными значениями пьезомодулей, как показано на рис. 1.

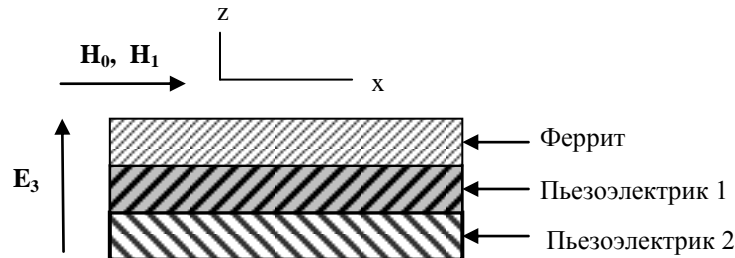


рис.1. Слоистая структура состава феррит – пьезоэлектрик со ступенчатым изменением пьезоэлектрических свойств

Для теоретического моделирования сдвига линии магнитного резонанса и дополнительного уширения линии, индуцированных приложенным электрическим полем, следует найти решение уравнения движения намагниченности.

$$\frac{\partial \mathbf{M}}{\partial t} = -\gamma [\mathbf{M}, \mathbf{H}_{eff}] \quad (1)$$

где эффективное поле определяется соотношением

$$\mathbf{H}_{eff} = -\frac{\partial^m W}{\partial \mathbf{M}} \quad (2)$$

В выражении (2) $^m W$ - плотность свободной энергии феррита, \mathbf{M} - намагниченность. Плотность свободной энергии монокристалла феррита включает энергию магнитной кристаллографической анизотропии, анизотропии формы, а также магнитоупругую энергию. Компоненты напряжений, которые входят в выражение для магнитоупругой энергии, вызваны приложенным электрическим полем. Чтобы найти эти компоненты напряжений, необходимо решить уравнения упругости для феррита и пьезоэлектрических слоев с учетом материальных уравнений. Для учета изгибных деформаций, продольную деформацию слоев следует

рассматривать, как линейную функцию от вертикальной координаты

$$^j S_1 = ^j S_{10} + \frac{z_j}{R}, \quad (3)$$

где $^j S_{10}$ – осевая деформация слоя j вдоль направления длины образца (оси x) при R радиус кривизны, z_j отсчитывается от срединной плоскости j -слоя.

Предложенная модель рассматривается на примере слоистой структуры, состоящей из железиттриевого граната и биморфного пьезоэлектрического преобразователя на основе ЦТС. Показано, что приложение электрического поля 7 кВ/см приводит к 40% -уширению линии ФМР.

Список публикаций:

- [1] *Multiferroic Magnetoelectric Composites and Their Applications / Guest Editors: M. Bichurin, V. Petrov, Sh. Priya, and A. Bhalla // Advances in Condensed Matter Physics. 2012. V. 2012.*
 [2] *M.I. Bichurin, I. A. Kornev, V. M. Petrov, A. S. Tatarenko, Yu. V. Kiliba, and G. Srinivasan //Phys. Rev. B. 2001. V. 64, P. 094409.*